

# 农业工程基础技术理论讲座

## 农业发展的新课题——精确农业

·张 伟·\*

80年代末期,美国、加拿大等国的一些农业科研部门,大学及农业装备企业纷纷组织起来开展有关精确农业(Precision Agriculture)的各方面课题研究。美国农学会(A SA)、作物学会(CSSA)、土壤学会(SSSA)于1992年4月、1994年3月、1996年6月三次在密里苏达大学召开精确农业国际研讨会,A SAE也在1995年冬季年会及另外几次会议上把精确农业列入专题讨论。

精确农业究竟是甚么?为什么会引起国际人士的如此关注?

精确农业是美国等经济发达国家继LISA(低投入可持续农业)后,为适应信息化社会发展要求对农业发展提出的一个新的课题。它是一种关于农业管理系统的战略思想,是信息科学技术在农业中的运用。它是一种以知识为基础的农业微观管理(micro management)系统。它的全部概念建筑在“空间差异”(spatial variability)的数据采集和数据处理上,核心是根据当时当地测定的作物实际需要确定对作物的投入。在技术上包括:通过全球定位系统(GPS),确定农业作业者或农业机器在田间的瞬时位置,通过传感器及监测系统随时随地采集田间数据,这些数据输入地理信息系统(GIS),结合事先储存在GIS中定期输入的或持久性数据、专家系统及其它决策支持系统对信息进行加工、处理,做出适当的农业作业决策,再通过作业者或农业机器携带的计算机控制器(Computer/controller)控制变量执行设备,实现对作物的变量投入或操作调整。实行精确农业技术可在减少投入的情况下增加(或维持)产量、提高农产品

质量、降低成本、减少环境污染、节约资源、保护生态环境。精确农业技术不仅适用于种植业,也适用于畜牧业、园艺和林业。

### 1 背景

美国从本世纪初对农业科技成果的推广采取“社区管理”(community control)办法,即通过推广人员影响社区领导人,社区可根据当地情况做一定调整,许多当时当地的问题实际上还得靠农民自己去摸索。到了本世纪50年代实行“大规模管理”(mass society)方法,推广标准的种子、化肥、除草剂、农药、杀虫剂等。实际上是以同一个答案去解决所有的问题(one-fits-all)。由于市场竞争、环境法规要求日益严格,到了信息化社会,农民更关心的是:“我的农场应该怎么办?”近数十年来农业的基础研究有许多重大突破,对农业发展发挥了重要作用。但基础研究中还有大量涉及控制作物生长的重要因素研究,由于缺乏直接通向农民的渠道,最终形成只能供其他研究人员阅读的论文或报告。影响农业效果的常常是多因素的综合作用,现代农业要求开展多学科、跨学科的研究,而目前的农业研究由于受多种原因限制往往是单学科的。

在同一块地里,土壤肥力、土壤质地、土壤含水量、有机质等条件往往存在很大差异,杂草、虫害、病害的发生也不是均匀的,杂草往往成斑块状,并多年在同一位置形成斑块。虫害、病害初期只在小范围内发生,如能及时施药可控制蔓延。施肥不足或施用除草剂、杀虫剂、农药不及时固会造成

\* 张 伟,教授,北京市海淀区清华东路 中国农业大学(东校区),100083

减产, 但施肥或施用除草剂、杀虫剂、农药过量不仅是一种浪费, 并将由于这些化学品的淋失而造成环境污染或农产品残留毒害。灌溉、排水、中耕及其它农业作业都应该根据当时当地的具体情况控制, 才能收到更好的农业效果、经济效果、保护环境。农业机械化及电子技术的高度发展已经使农业作业逐渐向一定程度的自动化方向发展。信息时代出现了一种新的科技产品, 即电子代码 (computer code), 如电子仿真器 (computerized simulator)、专家系统 (expert system)、数据库 (data base) 等。这样就有可能使各种信息都以软件包或模块的形式提供, 农民可以用信息替代昂贵的肥料、除草剂、杀虫剂、农药。近年来出现的许多新的技术及农业管理系统概念也属于精确农业的范畴。如: 精确农作 (precision farming)、变量投入技术 (VRT——variable rate technology)、逐块区别管理 (SSM——site specific management)、处方农作 (prescriptive farming)、英尺农作 (farming-by-foot)、逐块作物区别管理 (SSCM——site specific crop management)、按土耕作 (farming-by-soil) 等。如前所说, 精确农业是一种战略思想, 不止于变量投入。

## 2 精确农业的基本技术

精确农业的基本技术至少要具备以下四项功能: 随时间或(及)空间变化采集数据, 根据数据绘制数据电子地图, 并加工、处理, 形成管理设计(或作业执行电子地图)。精确控制田间作业。

对精确农业的农业效果、经济效益及环境效益进行评估。精确农业的技术包括以下内容: GPS、GIS、计算机控制器、传感器及监测系统、变量投入设备、绘制电子地图及数据处理加工软件、专家系统及其它决策支持系统等软件及硬件。

### 2.1 全球定位系统 (Global Positioning System)

精确农业作业的关键技术之一是确定作业者或机器的瞬时位置, 并将此信息转变成计算机可接受的格式, 其中最好的系统就是 GPS。但孤立的 GPS 接收器瞬时位置误差可能高达 100 m, 这已不能满足精确农业的需要, 但可采取差动修正办法。用一台便携式差动 GPS 接收器 (DGPS——differential global positioning system) 根据不同的作业工艺要求其位置分辨能力分别可达到: 2.5 m、1 m

以下、或 1 cm 以下 (这里指的是水平精度, 垂直误差要比这大 1.5~5 倍。在绘制地貌电子地图时要涉及垂直位置精度。)。不同的农业作业工艺要求的位置分辨能力大致如下: 变量施肥 30 m, 变量施用除草剂 1 m, 测产 10 m, 行栽 10 cm, 构筑种床 5 cm, 避免喷药重叠 10 cm。一台便携式 DGPS 接收器的价格大约为 400~2000 美元。大多数农业作业要求用实时差动 GPS 接收器 (RT-DGPS)。

### 2.2 地理信息系统 (Geographic Information System)

GIS 可比做精确农业的大脑, 通过传感器或监测系统采集的数据随时输入 GIS, 带有持久性的数据可以一次事先存入或定期存入, 专家系统及其它决策支持系统也事先存在 GIS 中。GIS 对这些信息进行加工处理, 绘制信息电子地图, 做出决策, 绘制作业执行电子图, 再通过计算机控制器控制变量执行设备, 实现投入量或作业操作的调整。

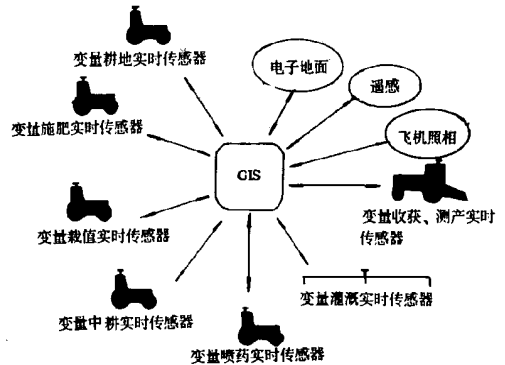


图1 精确农业系统概貌

### 2.3 传感器及监测系统

精确农业技术实际上就是一种以信息为基础的农业管理系统, 它利用传感器及监测技术可以方便、准确、及时、完整地获得当时当地的必要数据, 再根据各因素在控制作物生长中的作用规律或其相互关系, 迅速做出恰当的管理决策, 进而控制对作物的投入或调整作业操作。确定需要哪些信息? 需要多大的采样密度? 弄清各因素之间的相互关系及其对控制作物生长中的作用规律是精确农业技术的重要内容。不必要地加大采样密度显然会增加作业成本, 单纯追求完整而增加参数量会造成建模和决策软件的复杂性和困难。精确农业追求的是恰如其份 (pertinence), 而不是最完整

(excellence)。应用精确农业技术可以实现变量调节的内容包括: 施肥量, 除草剂或杀虫剂施用量, 农药施用量, 灌溉水量, 耕地深度, 播种量及密度和深度、中耕、产量测估等, 还可用它对拖拉机导向及进行精确农业研究。根据要控制的内容决定需要哪些信息, 再决定需要采集哪些数据。有些数据在一定时间内稳定不变, 这些数据可以事先储存在GIS内, 如: 土壤测定费时费钱, 可以事先配合DGPS定位用土壤测定仪器或土壤自动测定工作站测定(包括: 土壤质地、土壤成分、土壤厚度等)。绘制出土壤测定电子地图。地貌、水文统计资料、气象统计资料等也可以事先存入。随时间变化的数据需要实时测定, 如土壤水分, 土壤含N量, pH值, 压实, 地表排水状况, 地下排水状况, 植冠温度, 植物高度, 杂草, 虫情, 植物病情, 谷物流量, 秸秆流量, 肥料实际施用量及其它化学品实际施用量, 拖拉机速度, 降雨量及降雨强度...等。杂草可用杂草传感器实时测定, 但因杂草常成斑块状, 并多年形成斑块的位置不变, 这样就可以事先将杂草斑块分布的信息存入GIS。这还有一个优点就是施用除草剂的决策不是根据每个个别点的信息决定的, 而是按照全局确定的, 一般在旱年只需要对准斑块处施加除草剂, 只有在湿年才需要全面施加除草剂。决定施肥量要根据NSI(N - sufficient index), 但不一定每次都要测定土壤含N量, 而可用频谱辐射仪(spectroradiometer)根据植冠的辐射频谱状况来判断, 它比直接用叶绿素测定仪(chlorophyllmeter)测定叶子采样方便而合理。有时还可以根据飞机红外线照相的分析数据。土壤溶液可用离子选择性场效应晶体管(ISFET)采样分析。针对大面积土地决策, 用卫星或飞机遥测, 遥感图象技术可能更经济适用。

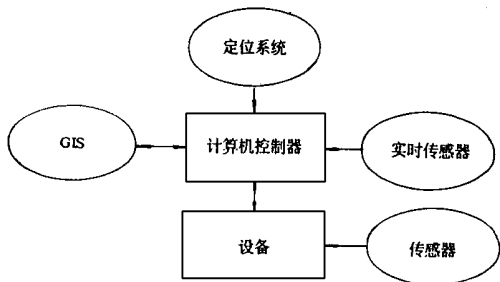


图2 变量投入设备概貌

### 2 4 计算机控制器 (computer/controller) 及变量执行设备 (variable application equipment)

由操作者下达指令, 从DGPS接受位置信息, 从GIS中的执行电子地图提取决策信息, 也可以接受从实时传感器来的信息, 并将它们转变成向执行发出的控制信号, 执行设备在接受信号后通过液动、气动或电动系统实现对作物的变量投入或作业操作调整。它还可以接受自执行设备来的反馈信号, 对作物投入量或作业操作进行微调并存档备查。

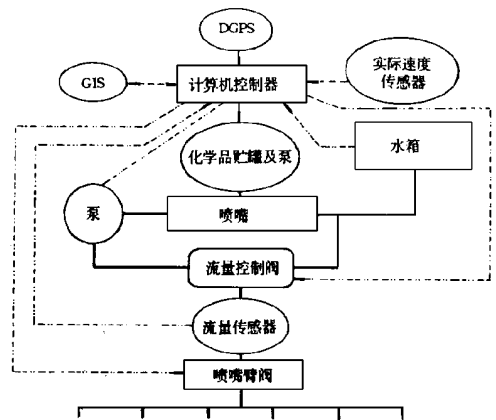


图3 变量喷药的组成部分

### 3 远景及讨论

精确农业是信息技术发展的必然结果, 是农业现代化的必然趋势。至今为止, 农业仍然是投入/产出转换效率律很低的产业, 其中重要的原因之一就是由于对作物的投入不是根据作物的实际需要。从另一方面看, 农业造成的环境污染及农产品残留毒害也愈益引起人们的重视, 其解决的途径也必然是采取精确农业战略。尽管有关精确农业的各种课题研究已开展了近20年, 但精确农业技术仍然没有达到成熟阶段。一方面与精确农业有关的农业规律还有大量工作要做, 另一方面, 适合于精确农业技术要求的计算机、GPS、GIS、传感器及监测系统, 变量投入执行设备等硬件设备还需要进一步研究, 并做到标准化, 才有可能在农民中大量推广。实行精确农业战略后农业的结构必然会发生相应的改变。从长远看, 农业生物效果, 环境效益, 经济效益与社会效益的统一也只有采取精确农业战

略的前提下才有可能真正实现。

弄清农田的空间差异 (spatial variability) 是解决变量投入的前提, 目前一些国家在 VRT, SSM, SSCM 等方面所进行的工作已经取得了许多实际效果, 这对于发展中国家的农业应该有所启发, 改变对作物投入的不科学做法, 进而采取适合于其经济和技术水平的技术措施是可以办到的。事实上在未出现精确农业技术以前已经有许多适合于变量投入的适用技术在实际中使用, 并取得了一定的效果。

### 参 考 文 献

- 1 A SA /CSSA /SSSA. Proceedings of the 3rd International conference: Precision Agriculture 1996 6 23~ 25, Minneapolis, Minnesota, U SA. 3 ~ 1194
- 2 Bin He (Ford New Holland co.). Intelligent distributed control in precision farming # 951755, A SA E, 1995 Winter Meeting, U SA

## 欢迎订阅1998年农业科技期刊

### 《拖拉机与农用运输车》

《拖拉机与农用运输车》杂志是我国拖拉机与农用运输车行业交流科技成果, 提高与普及相结合的技术刊物, 也是机械工业部主管的该行业内唯一的一种公开发行的技术类刊物。报道的主要内容是我国拖拉机及农用运输车产品 (包括配套柴油机) 设计、试验、研究方面的技术成果和动态; 拖拉机与农用运输车行业在材料工艺方面的研究新成果; 国产拖拉机与农用运输车主要机型使用维护方面的技术资料与正确使用技术理论知识; 也适当介绍国外拖拉机与农用运输车产品水平、技术动向、工厂企业等内容。该杂志适合于拖拉机与农用运输车行业广大科技人员、领导干部、有关教学单位的师生及有一定文化水平的工人和驾驶员阅读。

本刊国内外公开发行。邮发代号: 36- 28, 每逢双月15日出版, 16开, 64页, 每期定价3.60元, 全年21.60元。全国各地邮局均可订阅。联系地址: 河南省洛阳市涧西区西苑路39号, 洛阳拖拉机研究所《拖拉机与农用运输车》编辑部。邮政编码: 471039 电话: (0379) 4921001- 283。

### 《农村经济与技术》

《农村经济与技术》是指导性、综合性、服务性的农村月刊。主要任务是宣传贯彻党和政府关于农业和农村工作的方针政策, 推动农村改革, 扩大开放, 促进农村经济和社会协调发展, 传播现代科学技术知识, 为建设有中国特色的社会主义服务。《农村经济与技术》设有工作研究、乡镇企业、农业开发、调查报告、致富与扶贫、政策顾问、农村改革、信息传播、经营管理、科学技术、专题讨论、知识百页窗等20多个栏目。内容丰富, 文字通俗, 适合广大农村经济工作者、农村干部和农民阅读。

《农村经济与技术》月刊, 16开本, 48页, 每期定价1.50元, 全年订价18.00元。国内统一刊号CN 52-1017/G3, 国际标准刊号ISSN 1003- 658X。各地邮局均可订阅, 邮发代号66- 24。读者也可直接汇款向编辑部订阅, 无需另寄邮费。地址: 贵州省贵阳市广顺路1号 (贵州省委大院内) 电话: (0851) 5892618 邮编: 550002 开户行: 贵阳工商行南办 帐号: 4889728- 29